

# Soporte de QoS con 802.11e para tráfico heterogéneo en ambientes MANET

Maria Murazzo<sup>1</sup>, Nelson Rodriguez<sup>2</sup>, Miguel Guevara<sup>3</sup>, Maria Scheffer<sup>4</sup>

Departamento e Instituto de Informática, Universidad Nacional de San Juan,  
Complejo Universitario Islas Malvinas, Rivadavia, San Juan, Argentina

<sup>1</sup>[marite@unsj-cuim.edu.ar](mailto:marite@unsj-cuim.edu.ar) - <sup>2</sup>[nelson@iinfo.unsj.edu.ar](mailto:nelson@iinfo.unsj.edu.ar) -  
<sup>3</sup>[migueljoseguevaratencio@gmail.com](mailto:migueljoseguevaratencio@gmail.com) - <sup>4</sup>[maruscheff@unsj-cuim.edu.ar](mailto:maruscheff@unsj-cuim.edu.ar)

**Abstract.** Hoy en día existe una gran necesidad de mejorar la calidad de servicio (QoS) ofrecida en redes móviles Ad Hoc (Mobile Ad-Hoc Networks -MANET-) que actualmente sólo ofrecen servicio best effort. Esto posee gran impacto en las aplicaciones que se corren, las cuales generan tráficos con diferentes requerimientos de recursos de la red. El presente trabajo tiene como objetivo fundamental analizar el comportamiento de la implementación de QoS en la sub capa MAC mediante 802.11e en ambientes con tráfico heterogéneo, conformado por flujos provenientes de aplicaciones multimediales y clásicas.

**Keywords:** MANET, QoS, tráfico heterogéneo, 802.11e, NS2

## 1. Introducción

A diferencia de las redes inalámbricas tradicionales, las redes MANET son redes de comunicaciones formadas espontáneamente por un conjunto de dispositivos móviles, que son capaces de comunicarse entre sí, sin poseer una infraestructura ni una administración centralizada.

Además, debido a que el alcance de transmisión de los dispositivos inalámbricos es limitado, pueden llegar a ser necesarios nodos intermedios para transferir datos de un nodo a otro a través de la red. Es por ello que los nodos cumplen funciones de fuentes, routers y destinos.

La topología de las MANET es dinámica debido a que los nodos se mueven, se incorporan y abandonan la red continuamente; por esta razón, las condiciones de tráfico son altamente variables, haciendo extremadamente complicado dar buena QoS a las aplicaciones que la requieran.

Por otro lado, las variaciones en el canal de radio y las limitaciones de energía de los nodos pueden producir frecuentes cambios en la topología y en la conectividad. Consecuentemente, las MANET deben adaptarse dinámicamente para ser capaces de mantener las conexiones activas a pesar de estos cambios.

Todas estas características hacen que las MANET sean Auto Creadas (Self Creating), Auto Organizadas (Self Organizing) y Auto Administradas (Self Administering) [1].

## 2. El problema de la administración de la QoS

El término QoS se refiere a la garantía de proveer un servicio con cierto grado de fiabilidad en la transmisión de información, a través de una red. Los

principales parámetros que se utilizan para medir la misma, que puede ofrecer una red son: la disponibilidad de la red, el ancho de banda, el retardo de los paquetes, la variación del retardo, la tasa de errores y la tasa de pérdida de paquetes. En función de los requisitos de las aplicaciones, algunos parámetros serán más importantes que otros en el momento de definirla [2].

En una MANET la implementación de una solución de QoS permite un comportamiento determinístico de la misma, el cual se puede traducir en una priorización de cierto tipo de tráfico. Una adecuada implementación de un ambiente de provisión de QoS es necesaria para eficientizar el uso y la asignación de los recursos de la red, mediante la identificación del tráfico con características críticas y restrictivas [3].

Si bien la administración de QoS está prácticamente resuelta en redes fijas, las características de las redes MANET hacen necesario un nuevo estudio para afrontar este problema [4].

### **3. Tráfico Heterogéneo**

En los últimos años, se ha producido un notable aumento en la demanda de aplicaciones multimedia sobre medios inalámbricos y específicamente sobre MANET, tales como: voz sobre IP (VoIP), audio conferencia, video conferencia, etc. Estas aplicaciones requieren que se ofrezcan garantías de QoS en cuanto al ancho de banda, retardo extremo a extremo (latencia), variabilidad en el retardo (jitter) o tasa de error. En concreto, las aplicaciones multimediales son sensibles a la variabilidad en los recursos que la red les provee.

Por otro lado, en las aplicaciones clásicas, flexibles al retardo y a la disponibilidad de ancho de banda, como pueden ser: mail, transferencia de archivos, navegación web y login remoto; la variabilidad en el retardo o en la disponibilidad de ancho de banda, aunque actúan en su detrimento, no impiden que se realice el servicio.

Ambos tipos de aplicaciones generan flujos de tráfico, el cual se puede clasificar en base a dos grandes categorías: *tráfico elástico e inelástico*.

El tráfico elástico se puede ajustar a los cambios en el rendimiento de la red, sin dejar de satisfacer las necesidades de las aplicaciones. Este tipo de tráfico elástico, es necesario contar con un scheduler de red que distinga entre uno y otro tipo de flujo en función de los recursos que demanda, de esta manera se realizara una adecuada administración de los mismos, sin interferir en el rendimiento de la aplicación. Sin esta administración, los routers gestionan a ciegas los paquetes, sin importarles el tipo de aplicaciones que los produjo o que está esperándolos, o si forman parte de una transferencia grande o pequeña.

El tráfico inelástico no se adapta a las variaciones del rendimiento de la red, este tipo de tráfico es el que es generado por las aplicaciones multimediales. La mayoría del tráfico inelástico exige un mínimo de rendimiento consistente, esto es difícil de cumplir en una red congestionada, con retardos variables en las colas de los router y con una alta tasa de pérdidas de paquetes. El tráfico inelástico introduce la necesidad de contar con un mecanismo para otorgar un tratamiento preferente a las aplicaciones que tengan requisitos más exigentes; por ejemplo, las aplicaciones de voz son mas sensitivas al retardo y las de video a la perdida de paquetes, ya sea de forma proactiva o reactiva.

Tanto las aplicaciones multimediales, como las clásicas utilizan IP como protocolo a nivel de la capa de red. Este protocolo proporciona un servicio de

mejor esfuerzo (best-effort) para todos los datos enviados, sin diferenciar el tipo de tráfico o sus requisitos de QoS, es decir, ofrece un servicio de interconexión de redes independiente de los requisitos del usuario, con un tratamiento equitativo para todos los paquetes de datos [5].

El hecho de poder ofrecer ciertos niveles de QoS en redes MANET sigue siendo un tema abierto para la comunidad investigadora, y supone un reto muy interesante dado las dificultades que conlleva. Específicamente, los servicios de tiempo real necesitan especial atención debido a que la naturaleza dinámica de estas redes hace difícil aplicar una gestión tradicional de QoS [6].

#### **4. Planteo del problema**

Para brindar la máxima satisfacción a los usuarios es necesario contar con una plataforma para soportar aplicaciones clásicas (tráfico elástico) y aplicaciones multimediales (tráfico inelástico).

A medida que el tráfico aumenta y alcanza el límite de ancho de banda, la cantidad de paquetes transmitidos en forma exitosa se reduce en todas las comunicaciones por igual. Esta disminución en el throughput afecta de manera diferente a las aplicaciones. Cuando se trata de aplicaciones que generan tráfico elástico, el aumento en el retardo no causa graves consecuencias en las aplicaciones, y por lo general la experiencia del usuario es aceptable. En cambio si se trata de aplicaciones que generan tráfico inelástico, el retardo puede producir defectos importantes en el tiempo de respuesta de las aplicaciones. Además, la pérdida de paquetes puede producir en la aplicación efectos indeseables, como mala calidad de video, sonido interrumpido, entre otros.

Esta heterogeneidad del tráfico hace muy difícil aplicar una solución de QoS que satisfaga todos los requerimientos de las aplicaciones y no recienta su desempeño.

En este contexto, se ha trabajado en la implementación de QoS en la subcapa MAC mediante el estándar 802.11e para tráfico CBR (Constant Bit Rate) [7], [8]. Este tipo de tráfico es extremadamente sensible a las variaciones de retardo y a la sobrecarga de la red.

A los efectos de analizar el comportamiento de 802.11e en ambientes con tráfico heterogéneo se trabajara con aplicaciones con flujos CBR para el tráfico inelástico y aplicaciones con flujos ftp, para el tráfico elástico.

De todos los parámetros de QoS, el tiempo de respuesta a solicitudes hechas desde dispositivos móviles se ha convertido en una de las necesidades fundamentales a la hora de comunicarse o conectarse. El tiempo de respuesta está fuertemente ligado al retardo de los paquetes de datos dentro de la transmisión.

El retardo en las MANET debería ser el menor permisible, o al menos tender a cero en conexiones preferenciales. Ahora bien, ¿qué tal si durante una transmisión de gran importancia la cantidad de paquetes de ruteo supera la de datos?, en tal caso la sobrecarga de información de ruteo genera un retraso en el envío y recepción de los paquetes de datos. En otras palabras, la sobrecarga de paquetes de ruteo aumentaría el retardo de los paquetes de datos. Por esta razón, además de controlar el retardo en las transmisiones, también es necesario controlar la sobrecarga de paquetes de ruteo, pues no solo la distancia o cantidad de saltos producen retardo en la recepción de paquetes sino también las tareas de

administración de rutas, envíos de petición, confirmación de recepción, descubrimiento de rutas, etc.

Teniendo en cuenta estos aspectos, el estándar 802.11e [9] no congestiona la red con paquetes de señalización, ni con paquetes de descubrimiento de rutas, sino que plantea una forma de administración general, la cual se basa en los tiempos de espera. Esto hace, que no sea necesario inundar la red con paquetes de ningún tipo, pues cada nodo por separado sabrá si tiene que transmitir o no de acuerdo al tiempo que tenga que esperar, de este modo cada nodo transmite de forma independiente de los demás, lo cual evita la necesidad de sincronización.

Otra característica importante es que se provee QoS a los paquetes o flujos de datos y no a los nodos que están transmitiendo, a diferencia del ruteo QoS el cual se encarga de hacer reserva de recursos de acuerdo a las capacidades de los nodos; por esta razón con 802.11e no hay necesidad de sincronizarse con los nodos de la ruta seleccionada.

Por otra parte, al ser tan dinámica, las MANET tienen caídas de enlaces muy frecuentemente, lo cual hace que se deban realizar procesos de retransmisión. Dichos procesos en el estándar 802.11e se realizan ejecutando algoritmos de backoff sin la necesidad de reenvíos de paquetes de manera global.

## **5. Diseño de los escenarios**

Teniendo en cuenta los parámetros que se escogieron, y las razones por los cuales fueron seleccionados, se plantearon distintos tipos de transmisiones y también distintas cantidades de nodos. De esta forma se verá cómo cambia el comportamiento de la red a medida que se van agregando nodos y por consiguiente transmisiones.

Para la topología de la red, se consideró una MANET donde todos los nodos poseen las mismas características y ninguno se diferencia de otro en cuanto a canal de transmisión, interface de red, modelo de propagación de señal, etc. Todos los nodos están dispersos en una zona de 500 metros cuadrados dentro de la cual las estaciones se mueven libremente.

Se trabajo con escenarios de 20 y 100 nodos. Este cambio en la granularidad se plantea para analizar la reacción de los estándares 802.11 y 802.11e al aumento de nodos y conexiones. Este cambio en la cantidad de nodos, junto con la movilidad que se produce en los mismos debe generar distintos niveles de sobrecarga de paquetes de ruteo, pues existen mayor cantidad de rutas y saltos por estudiar para decidir el mejor camino.

Además, el hecho de que los nodos se estén moviendo continuamente genera que la actividad de descubrimiento de rutas se realice repetidas veces, pues los cambios en la topografía hacen que los nodos que sirven de intermediarios queden fuera del alcance del conjunto de nodos que forma la ruta actual, lo cual produce que las estaciones involucradas en ella deban realizar tareas de descubrimiento de caminos, aviso de caída de rutas, etc. de forma repetida.

La cantidad de transmisiones en las simulaciones es proporcional a la cantidad de nodos. Se usó la relación de  $n/2$  cantidad de transmisiones activas, donde  $n$  es la cantidad de nodos que se crearon. De esta forma, y siempre que  $n$  sea un número par todos los nodos estarán involucrados en al menos un flujo de datos punto a punto.

Como el objetivo es analizar el impacto del estándar 802.11e sobre tráfico heterogéneo, se considero que todos los nodos corren el mismo tipo de aplicaciones, las cuales obedecen a flujos ftp con paquetes de 1000B y CBR de video.

El protocolo de ruteo seleccionado para realizar las simulaciones es AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector Routing), debido a que el retardo que se produce por el rearmado de las tablas de ruteo tiende a estabilizarse cuando la granularidad de la red es alta (superior a los 10 y 15 nodos) [10], lo cual es propicio para los escenarios que se manejan en las simulaciones.

Otro factor importante es la movilidad, pues afecta de forma directa el rendimiento de los protocolos de ruteo de las MANET. Existen distintos tipos de comportamientos en el mundo físico en cuanto a lo que movimiento se refiere, para emular el movimiento de los usuarios dentro de una MANET existen los “Modelos de movilidad”, los cuales definen la velocidad y las trayectorias que los nodos recorrerán durante la simulación. Para este trabajo se usaron dos modelos de movilidad, Random Waypoint Mobility Model (RWPM) y Random Walk Mobility Model (RWKM) [11].

## 6. Resultados obtenidos

### 6.1. Análisis del retardo extremo a extremo para tráfico heterogéneo

El primer resultado que se muestra en la figura 1, es el retardo con 20 nodos con movilidad Random Walk. La diferencia es muy notable cuando se implementa QoS a nivel MAC. Se registró un retardo promedio sin QoS es de 12,96 segundos ( $\pm 8,35$  segundos), mientras que cuando se implementó QoS se registró un promedio de 0,099 segundos ( $\pm 0,222$  segundos).

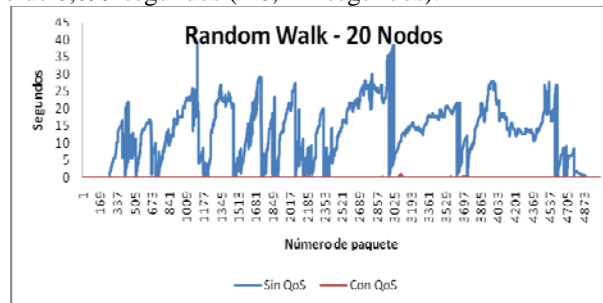


Figura 1: Retardo con 20 Nodos, con RWPM

La figura 2 muestra los resultados cuando el tipo de movimiento es RWPM. En este caso, el retardo promedio cuando no se implementó QoS es de 5,98 segundos ( $\pm 3,45$  segundos), de lo contrario es de 0,009 ( $\pm 0,024$  segundos).

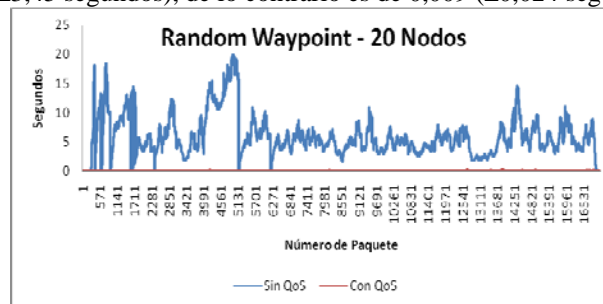


Figura 2: Retardo con 20 Nodos, con RWPM

La figura 3 muestra una comparativa de los retardos para las redes con QoS con distintos tipos de movimiento. Se puede notar una gran diferencia entre aquella red cuyo movimiento es Random Waypoint al de Random Walk. El retardo es más inestable y siempre es mayor cuando la red se simula con el modelo RWKM.

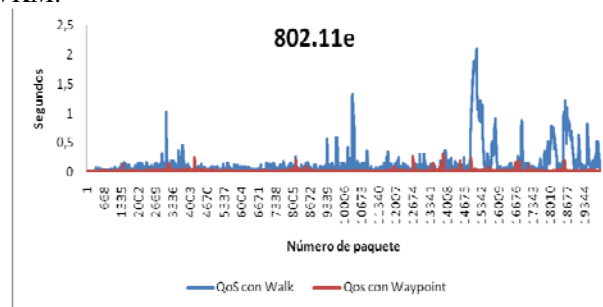


Figura 3: Comparación de QoS según la movilidad para 20 nodos

En el caso de la figura 4, el retardo promedio registrado fue de 13,39 segundos ( $\pm 7,05$  segundos) sin QoS. Mientras que cuando se aplica QoS el tiempo de retardo promedio es de 1,146 segundos ( $\pm 0,926$  segundos).

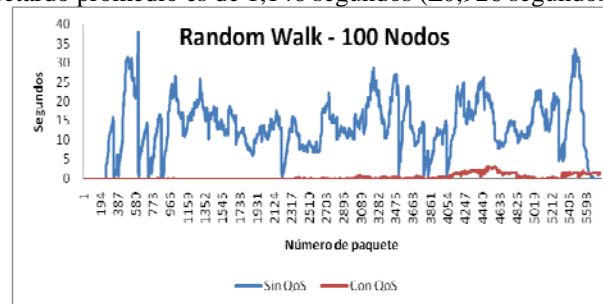


Figura 4: Retardo con 100 Nodos, con RWKM

Para el caso de la figura 5, el tiempo promedio cuando no se aplica QoS es de 11,15 segundos ( $\pm 7,05$  segundos), mientras que cuando se aplica QoS es de 0,737 segundos ( $\pm 0,921$  segundos).

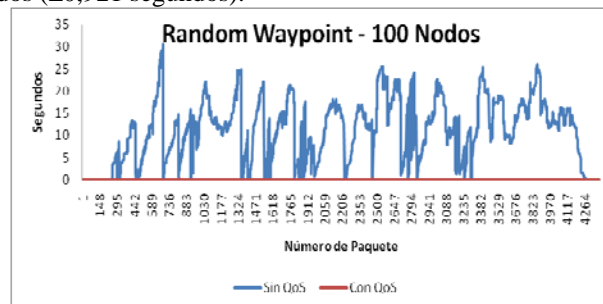


Figura 1: Retardo con 100 Nodos, con RWPM

La figura 6 muestra la comparativa entre los tipos de movimiento cuando se aplica QoS. En este caso, el tipo de movimiento Random Walk tiene un

promedio de tiempo más alto, pero su desviación estándar es muy parecida a la de Random Waypoint, por lo que en este caso el tipo de movimiento no es un factor realmente influyente en los tiempos de retardo.

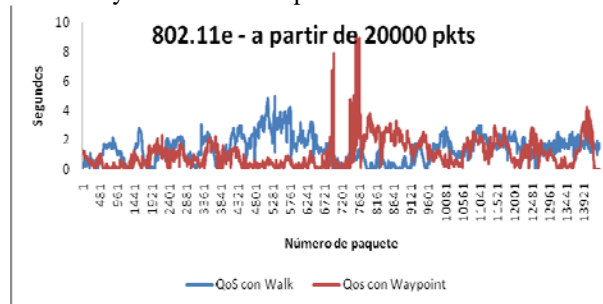


Figura 6: Comparación de QoS según la movilidad para 100 nodos

## 6.2. Análisis de la sobrecarga para tráfico heterogéneo

En la figura 7 se observa la sobrecarga de paquetes de ruteo cuando el tipo de movimiento es de Random Walk. Para el caso de la red sin QoS se registró una cantidad promedio de 73 paquetes de ruteo ( $\pm 58$  paquetes), lo cual indica una gran inestabilidad en la sobrecarga de la red. Para su contraparte se registró una cantidad promedio de 18 paquetes ( $\pm 7$  paquetes).

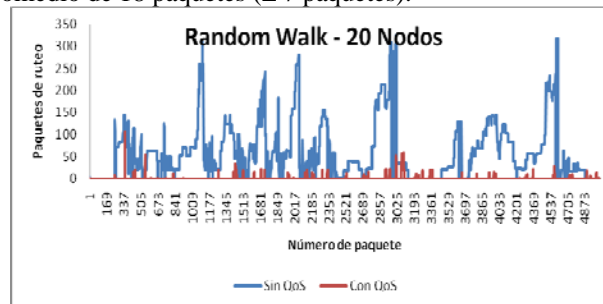


Figura 7: Sobrecarga con 20 Nodos, con RWKM

En la figura 8, en donde el movimiento es Random Waypoint, se obtuvieron los siguientes datos: cantidad promedio de 51 paquetes ( $\pm 34$  paquetes) sin QoS a nivel de MAC, y 11 paquetes ( $\pm 2$  paquetes) en promedio cuando se implementó 802.11e.

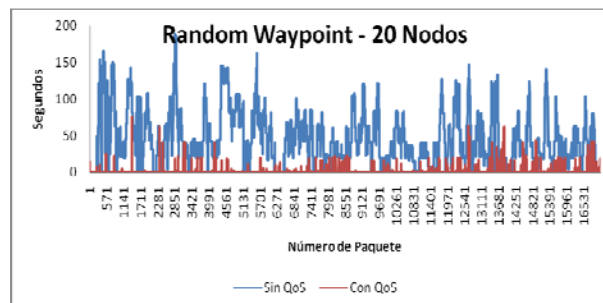


Figura 8: Sobrecarga con 20 Nodos, con RWPM

En la figura 9, se muestra la sobrecarga para las redes con QoS. Se observa que el tipo de movimiento impacta en la sobrecarga cuando se implementa 802.11e. para el caso Random Walk presenta más inestabilidad.

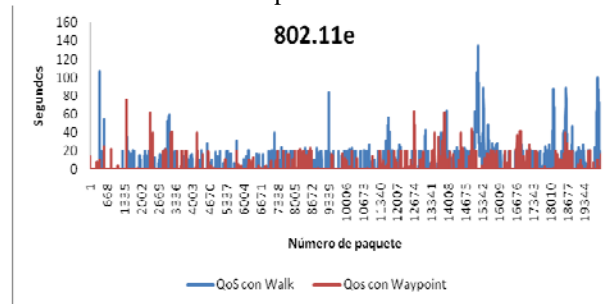


Figura 9: Comparación de QoS según la movilidad para 20 nodos

En la figura 10, con el movimiento del tipo Random Walk, se puede observar que la sobrecarga es muy inestable cuando no se aplica QoS. En el caso en que si, se puede ver que la misma se vuelve inestable a medida que se envían paquetes. El promedio de paquetes de ruteo en el caso de la red sin QoS implementado es de 2873 paquetes ( $\pm 1343$  paquetes), mientras que para la red con QoS el promedio de paquetes de ruteo registrado es de 1556 paquetes ( $\pm 1153$  paquetes).

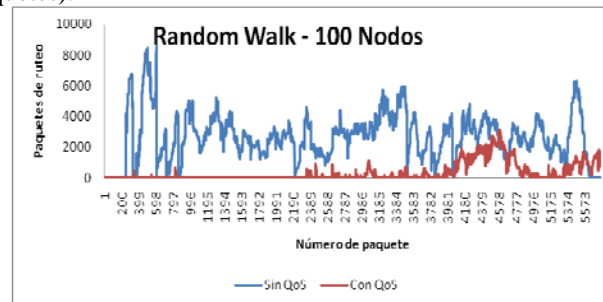


Figura 10: Sobrecarga con 100 Nodos, con RWKM

En el caso de las redes con movimiento Random Waypoint, figura 11, el promedio de paquetes de ruteo que se registró cuando el estándar 802.11e está implementado fue de 1441 paquetes ( $\pm 1163$  paquetes), mientras que cuando no se implementó se obtuvo un promedio de 2952 paquetes ( $\pm 1551$  paquetes).

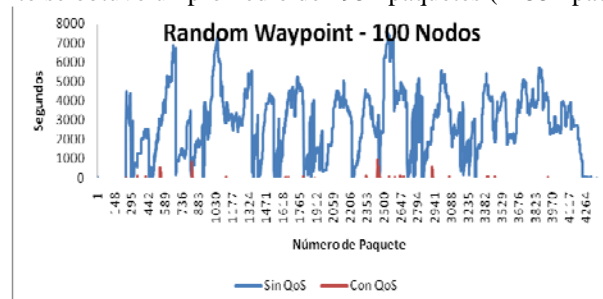


Figura 11: Sobrecarga con 100 Nodos, con RWPM



En la figura 12 se muestra la diferencia entre las redes con QoS implementado según el tipo de movimiento.

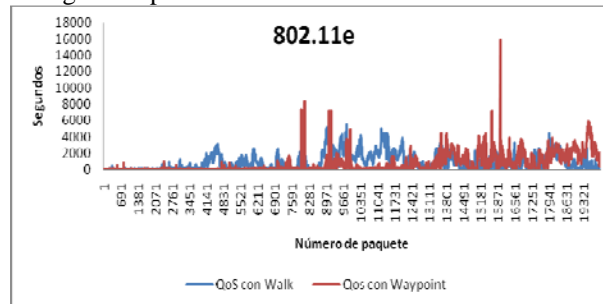


Figura 12: Comparación de QoS según la movilidad para 100 nodos

## 7. Conclusiones

En líneas generales se puede concluir que la implementación del estándar 802.11e produce mejores resultados en las redes que lo implementan. Cualquiera sea el tipo de movilidad, y la cantidad de nodos, el retardo es siempre más bajo y más estable cuando el tráfico pertenece a una red con 802.11e. Aún cuando la granularidad es alta el retardo promedio en las redes con QoS es menor.

Sin embargo, teniendo en cuenta que la estabilidad del retardo es crucial cuando se trabaja con tráfico heterogéneo y teniendo en cuenta que el tráfico elástico se monta sobre TCP, la implementación de QoS a nivel de MAC no asegura que el tiempo de respuesta se comporte de forma estable. Por otro lado, este tipo de aplicaciones hace que el retardo promedio sea mayor que en el caso en que se ejecuten aplicaciones del tipo CBR.

Con esto, se concluye que los entornos en donde se ejecutan aplicaciones que generan tráfico) no ofrecen la seguridad de que el tiempo promedio sea el óptimo, esto puede causar degradación en la calidad de las aplicaciones con tráfico inelástico.

Con respecto a la sobrecarga, el estándar 802.11e marca una gran diferencia entre las redes que lo implementan de aquellas que no lo hacen. Mientras que la granularidad sea baja la sobrecarga se mantiene estable y no alcanza grandes valores cuando se implementa el estándar de QoS a nivel de MAC. Cuando la granularidad de la red es baja, menor a 50 nodos, y se implementa QoS, la sobrecarga de la red es estable y se mantiene en bajos niveles. A partir de los 50 nodos, la sobrecarga se vuelve inestable y alta. Esto permite concluir que en el caso de redes con alta granularidad, la performance de la red se ve seriamente afectada, debido a que la sobrecarga no sólo es alta sino que además es inestable.

Las redes con alta granularidad, sin importar el tipo de movimiento que tengan los nodos, no son aptas para heterogéneo al ancho de banda, debido a que existe una gran sobrecarga de ruteo, y esta es muy inestable.

Las aplicaciones del tipo FTP afectan drásticamente el rendimiento de aquellas que funcionan al estilo CBR. Entornos incluso con baja granularidad poseen alta sobrecarga de información de ruteo cuando se ejecutan. Por esta razón, se puede concluir que este tipo de entorno es inapropiado para aplicaciones como las que se nombraron en el párrafo anterior.

En cuanto a la movilidad, cuando no se aplica QoS a nivel de la subcapa MAC, el modelo de movilidad tiene un efecto directo y drástico en los retardos de los paquetes de datos. El modelo de movilidad junto con la granularidad fueron los causantes de la gran inestabilidad que se detectó en los retardos en las simulaciones. En general, el modelo Random Walk fue el que generó mayores y más inestables retardos que su contraparte, el Random Waypoint Mobility Model.

Como conclusión final, se puede afirmar que para realizar una adecuada administración de QoS para tráfico heterogéneo en ambientes MANET, la implementación del estándar 802.11e, no es una solución adecuada pues genera una elevada e inestable sobrecarga en la red. Esta sobrecarga, afecta directamente la performance de la red y degrada la cantidad de recursos existentes.

## **8. Bibliografía**

- [1] Barbeau y Kranakis (2007). "Principles of Ad-Hoc Networking". John Wiley and Sons.
- [2] Murazzo, Rodríguez, Vergara, Carrizo, González, Grosso (2013). "Administración de QoS en ambientes de redes de servicios convergentes". WICC 2013, Parana, Entre Rios, Argentina.
- [3] Chakrabarti y Mishra (2001). "QoS Issues in Ad Hoc Wireless Networks". IEEE Communications Magazine.
- [4] Marrone, Robles, Murazzo, Rodriguez, Vergara (2011). "Administracion de QoS en MANET". WICC 2011, Rosario, Santa Fe, Argentina.
- [5] Stallings (2010). "Redes e Internet de Alta Velocidad. Rendimiento y Calidad de Servicio", pág 16. ISBN: 978-84-205-3921-8, Prentice Hall.
- [6] Murazzo, Rodríguez, Sheffer, Guevara (2014). "Soporte de QoS para tráfico heterogéneo en ambientes MANET". WICC 2014, Tierra del Fuego, Argentina.
- [7] Murazzo, Rodríguez, Villafañe, Grosso, Dávila (2013). "Análisis del impacto de implementación de 802.11e en redes MANET con tráfico CBT". JAIHO (AST) 2013, Córdoba, Argentina.
- [8] Murazzo, Rodríguez, Villafañe (2013). "Análisis de las prestaciones de 802.11e en redes MANET". CACIC 2013, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- [9] Wietholter, Hoene (2003). "Design and Verification of an IEEE 802.11e EDCF Simulation Model in ns-2.26". Technical University Berlin Telecommunication Networks Group.
- [10] Murazzo, Rodríguez, Martínez (2009). "Evaluación y simulación del rendimiento de los protocolos de ruteo para MANET bajo restricciones de QoS". WICC 2009, San Juan, Argentina.
- [11] Mohapatra (2009). "Implementation and Comparison of Mobility Models In NS-2". National Institute of Technology, Rourkela.